

АНАЛИЗ ИЗОБРАЖЕНИЯ ОБЪЕКТА НЕРЕГУЛЯРНОЙ ФОРМЫ

Бочкарев С.О., Литус И.Б., Кукченко А.А., Говорухин Д.О.
ФКП «Нижнетагильский институт испытания металлов»
Улица Гагарина, 29, г. Нижний Тагил, Свердловская обл., 620000, Россия
e-mail: sergey.bochkarev@urfu.ru

Аннотация — В работе приводятся результаты опытных работ по определению контура объекта нерегулярной формы с заданной точностью на основе анализа изображения, определения стандартной фигуры объекта, на которую он наиболее «похож» и ее характерных размеров

PICTURE ANALYSIS OF IRREGULAR OBJECT

Bochkarev S.O., Litus I.B., Kukchenko A.A., Govoruhin D.O.
FSE «Nizhny Tagil institute of metal testing»
Gagarina str., 29, Nizhny Tagil, Sverdlovsk region, 620000, Russian Federation
e-mail: sergey.bochkarev@urfu.ru

Abstract — In this work, the result of work of contour detection of irregular object with required accuracy; determination of standard shape of this object and its characteristic sizes are introduced. This work is based on image analysis.

I. Введение

В ФКП «Нижнетагильский институт испытания металлов» проводятся работы по определению размеров объектов нерегулярной формы. Существующая официально утвержденная методика, созданная задолго до широкого внедрения вычислительной техники и методов компьютерного зрения, предписывает проведение нескольких измерений «вручную» с помощью штангенциркуля с последующим «усреднением» результатов (рисунок 1).

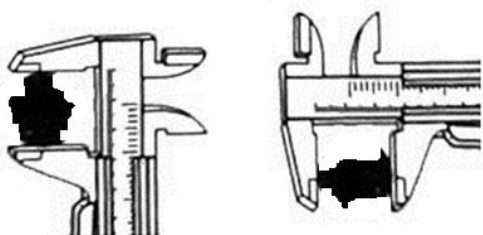


Рисунок 1. Определение характерных размеров с помощью штангенциркуля

Очевидно, что данная методика имеет очень высокую погрешность, поскольку точки приложения штангенциркуля определяются «на глаз».

Задача заключается в разработке метода, позволяющего:

- определить контур объекта с высокой степенью точности;
- идентифицировать форму, на которую он наиболее «похож» (в качестве базовых используются прямоугольник, ромб, круг, эллипс);
- определить характерные размеры.

При этом метод должен позволять производить массовые измерения, то есть процесс измерения должен быть быстрым.

В данной работе за основу взят метод анализа изображения, полученного с помощью фотокамеры. Обработка снимка проводится с использованием специально разработанного программного обеспечения на основе библиотеки компьютерного зрения opencv[1].

Изначальное изображение, получаемое с фотокамеры, находится в цветовой модели RGB[2]. Для дальнейшей обработки оно переводится в цветовую модель «оттенки серого» для каждого пикселя по формуле 1:

$$Gray = \frac{R+G+B}{3}, \quad (1)$$

где R, G, B – компоненты цвета в модели RGB

Из серого изображения получается черно-белое (данный процесс, именуемый бинаризацией будет описан ниже), в котором белые участки соответствуют объекту, черные – фону (рисунок 2).

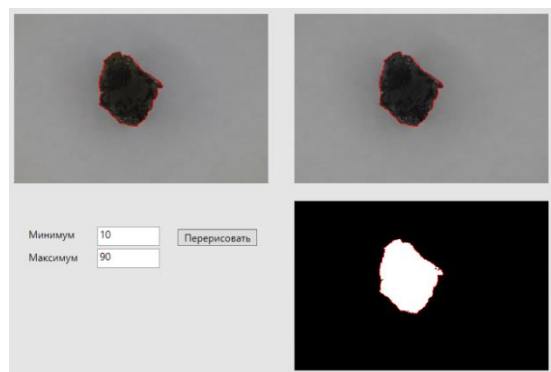


Рисунок 2. Стадии процесса бинаризации изображения объекта

Далее используем возможности библиотеки `opencv`. Функция `FindContours` позволяет найти контур объекта на черно-белом изображении. Контур объекта неправильной формы, получается, как правило, неровным, возможно с большим количеством локальных вогнутостей. Поскольку стандартные формы являются выпуклыми, необходимо сглаживание контура, которое проводится методом `GetConvexHull`. Пример найденного и сглаженного контуров объекта приведены на рисунке 3.

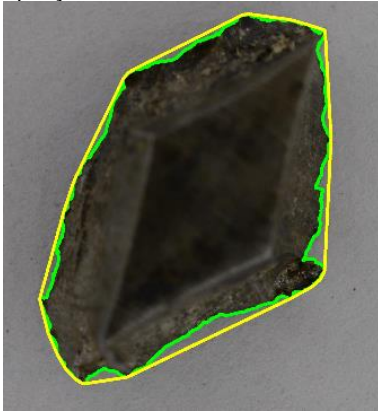


Рисунок 3. Найденный и сглаженный контуры объекта

У обоих контуров методом `Area` получаем площади и вычисляем коэффициент соотношения площадей по формуле 2:

$$k = \frac{Contour.Area}{Hull.Area}, \quad (2)$$

где k — коэффициент соотношения площадей, $Contour.Area$ — площадь контура, $Hull.Area$ — площадь сглаженного контура.

По сглаженному контуру можно получить стандартную форму, на которую он наиболее «похож», а, зная точную площадь, можно вычислить характерные размеры сглаженного контура (a, b). Размеры реального контура вычисляются по формуле 3:

$$a_{contour} = \frac{a_{hull}}{\sqrt{k}}, \quad (3)$$

где $a_{contour}$ — характерный размер реального контура, a_{hull} — характерный размер сглаженного контура, k — коэффициент соотношения площадей.

Фотография объекта делается на белом фоне с использованием светодиодной подсветки. Для дальнейшей обработки на изображении выделяется область, на которой отсутствуют иные фрагменты, кроме объекта и белого фона (рисунок 4).

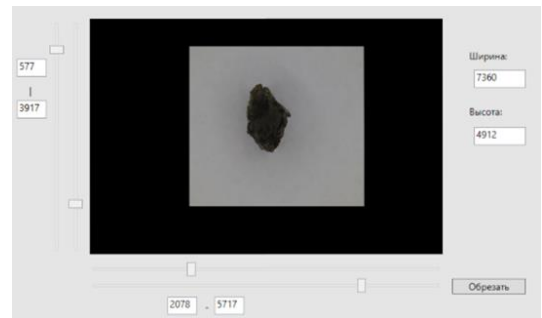


Рисунок 4. Фотография объекта на белом фоне до и после отсечения

Пороговые значения определяются на основе гистограммы цветов пикселей серого изображения. Гистограмма изображения обычного металлического объекта имеет две характерные области: более темная — область объекта и более светлая — область фона (пример на рисунке 5).

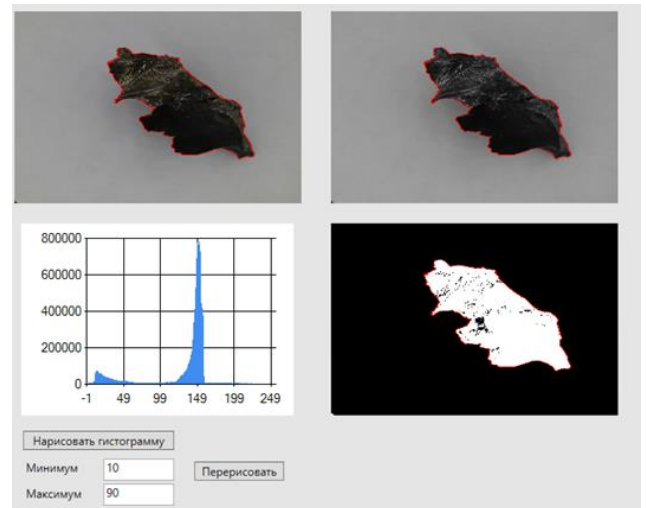


Рисунок 5. Бинаризация серого изображения по гистограмме оттенков

На основе изображения характерные размеры объекта вычисляются в пикселях. Для перевода в метры необходим коэффициент пересчета (масштабный коэффициент), который можно получить путем анализа изображения прямоугольного мерного образца (рисунок 6), прошедшего метрологическую поверку, по формуле (формула 4):

$$k = \frac{a_{pix}}{a_m}, \quad (4)$$

где k — коэффициент пересчета пикселей в метры,

a_{pix} — размер мерного образца в пикселях,

a_m — размер мерного образца в метрах.

Поскольку пиксель в общем случае не является квадратным, то коэффициенты определяются отдельно для вертикального и горизонтального направлений.

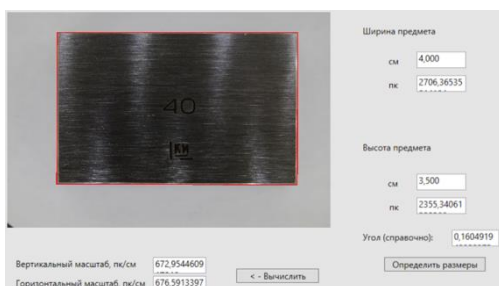


Рисунок 6. Получение масштабных коэффициентов

Определение формы объекта производится на основе признака компактности:

$$C = \frac{P^2}{S}, \quad (5)$$

где C – компактность,

P – периметр объекта,

S – площадь объекта.

Для базовых фигур были получены формулы компактности в зависимости от того или иного параметра (указаны в таблице 1).

Таблица 1. Параметры, характеризующие компактность фигуры

Форма	Характерные размеры	Характерный параметр, характеризующий компактность
Прямоугольник	стороны a, b	Соотношение сторон b/a
Эллипс	полуоси a, b	Соотношение полуосей b/a
Ромб	сторона a и угол при вершине α	Угол при вершине α
Круг	-	$C = 4\pi$

Компактность круга постоянная и является наименьшей из возможных.

На рисунках 7,8,9 приведены графики этих зависимостей соответственно для прямоугольника, ромба, эллипса.

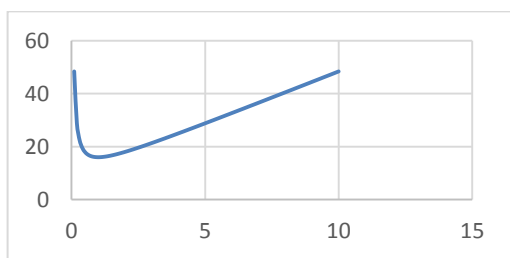


Рисунок 7. График зависимости компактности прямоугольника от соотношения сторон

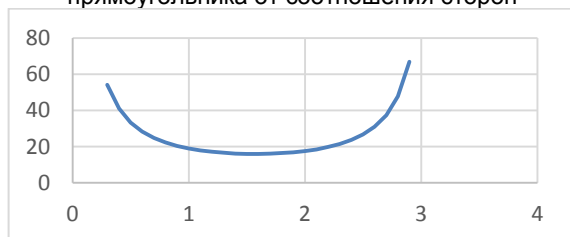


Рисунок 8. График зависимости компактности ромба от угла при вершине

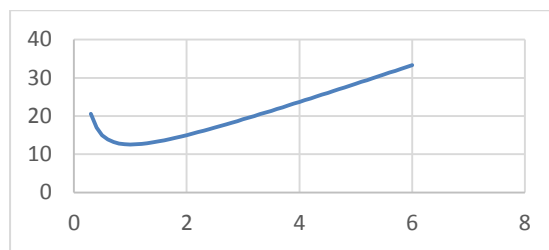


Рисунок 9. График зависимости компактности эллипса от соотношения сторон

Для наглядности все указанные зависимости приведены на рисунке 10.

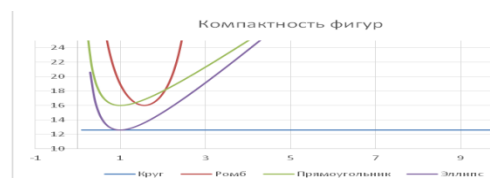


Рисунок 10. График зависимости компактности простых фигур от характерного параметра

Таким образом, алгоритм определения размеров заключается в следующем:

- Вычисление компактности найденного контура $C_{cont} = \frac{P_{cont}^2}{S_{cont}}$

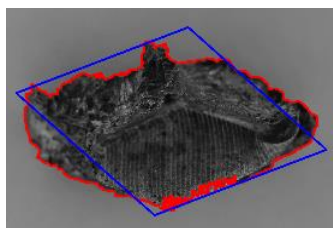
- Определение фигуры и характерного размера (по данным зависимостей, представленных на рисунке 10).

Определение характерных размеров фигуры (таблица 1) из условия, что $S_{fig} = S_{cont}$.

III. Заключение

В заключении отметим, что данный метод позволил ускорить процесс измерений, значительно повысив при этом точность. Последующий сравнительный анализ показал, что при определении площади проекции с помощью штангенциркуля в 50% случаев погрешность превышала 10%, достигая в отдельных случаях 65%.

Приведем примеры распознавания объекта и определения его формы (рисунок 11).



•

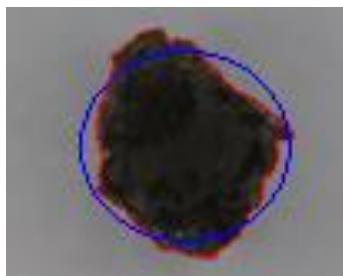


Рисунок 11. Распознавание объекта и
определение его формы

IV. Литература

- [1] Dr. Gary Rost Bradski; Adrian Kaehler. Learning OpenCV. O'Reilly Media, Inc., 2008, ISBN: 978-0-596-51613-0
- [2] Nikulin E.A. Computer geometry and computer graphics algorithms. - St. Petersburg, 2003. - 560 p. — ISBN 5-94157-264-6.